



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jesse Hakala

3D-TULOSTAMINEN & 3D-TULOSTIMET

Liiketalous
2018

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jesse Hakala
Opinnäytetyön nimi	3D-tulostaminen & 3D-tulostimet
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	39 + 1 liite
Ohjaaja	Päivi Rajala

Opinnäytetyön tavoitteena on käsitellä 3D-tulostamista ja sen potentiaalia. Opinnäytetyössä käsitellään 3D-tulostamista ja sen tarkoituksena on tuottaa lukijalle perustietoa 3D-tulostuksesta. 3D-tulostuksen tarkastelun tarkoituksena on perehdyttää 3D-tulostuksesta kiinnostunutta aiheeseen ja auttamaan 3D-tulostimen hankinnassa sekä käytössä.

Opinnäytetyössä tarkastellaan 3D-tulostamisen toimintaperiaatteita, kehitystä, itse tulostamista, tulostusteknologioita, materiaaleja sekä 3D-tulostimia.

Opinnäytetyön aiheeksi valitsin 3D-tulostuksen henkilökohtaisen kiinnostuksen ja ajankohtaisuuden takia, koska 3D-tulostimet ja tulostus on ollut esillä mediassa sekä kiinnostus 3D-tulostukseen on kasvanut.

ABSTRACT

Author	Jesse Hakala
Title	3D printing & 3D-printers
Year	2018
Language	Finnish
Pages	39 + 1 Appendice
Name of Supervisor	Päivi Rajala

The aim of this thesis is to examine 3D-printing and it's potential. The Thesis examines different aspects of 3D printing to provide the reader with basic information on 3D printing. This is intended to familiarize a person interested in the subject of 3D printing and help with purchase and use of a 3D printer.

The thesis examines the principles of 3D printing, development, printing process, printing technologies, materials, and 3D printers.

As a topic of the thesis I chose 3D printing because of personal interest in the subject and the subject was current as 3D-printing and 3D-printers have been featured in different media and the general interest in 3D-printing has also increased.

Keywords	3D printing, 3D printers, 3D modelling
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
2	3D-TULOSTAMINEN.....	8
	2.1 3D-tulostamisen toimintaperiaate	8
	2.2 3D-tulostuksen historia.....	9
3	3D-TULOSTUSPROSESSI.....	11
	3.1 3D-tulostuksen vaiheet	11
	3.2 3D-tulostuksen resoluutio.....	14
	3.3 Huomioitavaa tulostuksessa.....	15
4	3D-TULOSTINMENETELMÄT.....	19
	4.1 Tulostinprosessit	19
	4.2 Tulostin teknologiat.....	21
5	3D-TULOSTUS MATERIAALIT	25
	5.1 Muovit	25
	5.2 Fotopolymeerit	27
	5.3 Metallit	27
	5.4 Keramiikka	28
6	3D-TULOSTIMET.....	29
7	TULOKSET JA YHTEENVETO	36
	LÄHTEET	38

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Materiaalin poistaminen ja lisäävä teknologia (BCT Technology AG 2018).	9
Kuvio 2. Epätarkka ja tarkka STL-malli (AIPworks 2018).	12
Kuvio 3. Esimerkki miten tulostusohjelma viipaloi mallin tulostusta varten (AIPworks 2018).	12
Kuvio 4. Malli tulostettuna ja tukien poistojen jälkeen (Makerbot 2013).	14
Kuvio 5. Vasemmalla SLA-tuloste ja Oikealla FDM-tuloste kumpikin 0.1mm kerrospaksuudella (Grieser 2015).	15
Kuvio 6. FDM-tulostimissa yli 45 asteen kulma tarvitsee tukea (Cain 2018).	16
Kuvio 7. Y, H ja T kirjaimet ja tukiosat väritetty harmaalla (Cain 2018).	16
Kuvio 8. Shakkinappulan tulostaminen ilman tukia jakamalla sen kahteen osaan (Brown 2018).	17
Kuvio 9. FFF/FDM tekniikan toiminta (RepRap 2012).	22
Kuvio 10. SLA-teknologiaan perustuva tulostin (MKS Technologies 2017).	23
Kuvio 11. Anet A8 3D-tulostin (Locker 2018).	30
Kuvio 12. Fuj:tech Flashforge Finder 3D-tulostin (Verkkokauppa.com 2018).	31
Kuvio 13. Prusa i3 MK2s 3D-tulostin. (3D Hubs 2018).	32
Kuvio 14. Lulzbot TAZ 6 3D-tulostin (3D Hubs 2018).	33
Kuvio 15. Formlabs Form 2 SLA-tulostin (3 Hubs 2018).	34
Kuvio 16. Sparkmaker SLA 3D-tulostin (Sparkmaker 2018).	35
 Taulukko 1. Tukien käyttö eri tulostinteknologioissa.	18
Taulukko 2. 3D-Tulostimien vertailu.	35

LIITELUETTELO

LIITE 1. Filamentin vaihto Prenta B1.25 tulostimeen.

1 JOHDANTO

3D-tulostimet ovat viime vuosina yleistyneet. 3D-tulostimet ovat löytäneet paikkansa elektroniikkakauppojen hyllyiltä. Tämän on mahdollistanut niiden hinnan putoaminen sekä tulostimien kehittyminen. Enää ei tarvitse maksaa tuhansia euroja 3D-tulostimesta eikä kokokaan ole enää ongelma.

3D-tulostimien tulo kuluttajamarkkinoille näkyvästi on johtanut siihen, että niistä puhutaan enemmän mediassa sekä kiinnostus 3D-tulostamista kohtaan on noussut. 3D-tulostimista puhutaan usein nykyään tulevaisuuden laitteina ja niitä yritetäänkin markkinoida kotitalouksille ja pienyrityksille.

Kotitalouksille tulostimet antaisivat mahdollisuuden luoda pieniä esineitä itse, jotta niitä ei tarvitsisi itse ostaa tai korjata rikkiäisiä esineitä. Pienyrityksille 3D-tulostaminen mahdollistaisi esineiden luonnin omaan käyttöön tai tarjota palveluita asiakkaille.

3D-tulostimien ja tulostusmateriaalien yleistymisen kaupoissa on aiheuttanut kiinnostuksen nousun niiden hankintaan. 3D-tulostimet eivät kuitenkaan ole kaikista helpoin ostos. 3D-tulostimissa on eroja ja asioita mitä pitäisi tietää ottaa huomioon ennen tulostimen hankkimista. Myös kiinnostus 3D-tulostimien toimintaan on kasvanut. Monet ovat lukeneet uutisia 3D-tulostimista ja miten ne voivat olla todella hyödyllisiä, mutta monet eivät tiedä ollenkaan, miten ne toimivat.

Opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää 3D-tulostuksen toimintaa, 3D-tulostimien eroja sekä mitä pitäisi 3D-tulostimista tietää ja ottaa huomioon sellaista hankittaessa. Teoriaosuudessa tarkastellaan 3D-tulostusta, 3D-tulostimien ominaisuuksia, tekniikkaa, yleisimpiä 3D-tulostusprosesseja ja materiaaleja sekä kehitetään ohje Prenta 3D-tulostimelle (Liite 1).

Opinnäytetyö tehtiin Vaasan ammattikorkeakoulun tietojenkäsittelyn koulutusohjelmalle.

2 3D-TULOSTAMINEN

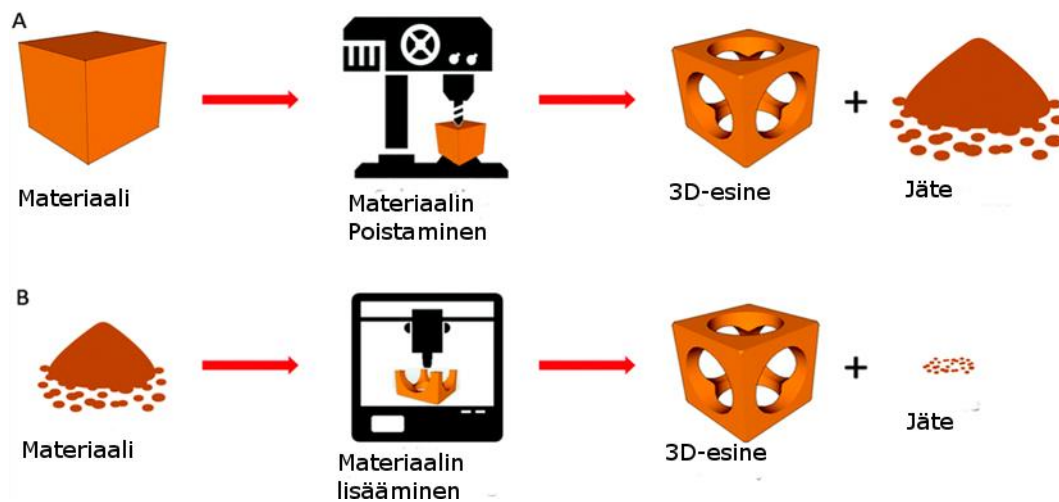
Tässä luvussa käsitellään 3D-tulostimien ydin toimintaperiaatetta materiaalia lisäävää teknologiaa sekä tarkastellaan tärkeimmät vaiheet 3D-tulostuksen historiasta 1980-luvulta 2010-luvulle.

2.1 3D-tulostamisen toimintaperiaate

3D-tulostuksessa käytetään materiaalia lisäävää (Additive Manufacturing, AM) teknologiaa, joka lisää materiaalia tulostukseen kerros kerrokselta käyttäen erilaisia materiaaleja, kuten muovia, metallia tai betonia, jonka avulla luodaan kolmiulotteisia tuotteita. Materiaalia lisäävä tekniikka eroaa siis yleisimmistä valmistustekniikoista, joilla poistetaan materiaalia. Esimerkiksi jyrsintä tai hionta perustuvat materiaalin poistamiseen, josta syntyy ylimääräisiä paloja. Materiaalia lisäävässä tekniikassa ei juuri synny ylimääräisiä paloja eli jätettä (Kuvio 1). (Additivemanufacturing 2018.)

On olemassa monta erilaista materiaalia lisäävää teknologiaa, mutta näitä kaikkia yhdistää tietokoneavusteisen suunnittelun käytön (Computer Aided Design, CAD), joka sisältää 3D-mallinnusohjelman. Ensiksi luodaan CAD-malli, jonka jälkeen AM-laite lukee datan tiedostosta ja alkaa luomaan esinettä kerros kerrokselta. (Additivemanufacturing 2018.)

Materiaalia lisäävä teknologia sisältää erilaisia valmistustekniikoita. Yleisimmät kaupallisissa tulostimissa ovat stereolitografia (SLA), pursotusmenetelmät (FDM) ja lasersintraus (SLS). (Additivemanufacturing 2018.)



Kuvio 1. Materiaalin poistaminen ja lisäävä teknologia (BCT Technology AG 2018).

2.2 3D-tulostuksen historia

3D-tulostuksen alkuhistorian voidaan nähdä alkavan 1980-luvulla, jolloin ensimmäiset materiaalia lisäävät menetelmät ja materiaalit kehitettiin. Vuonna 1980 Hideo Kodama haki ensimmäisenä henkilönä patenttia pikavalmistusteknologiaa käyttäen fotopolymeeriä (engl.photopolymer) ja valoa, joka aiheuttaa reaktion, joka mahdollisti luoda kolmiulotteisen esineen. Hideo Kodaman patenttihakemusta ei kuitenkaan hyväksytty. (Flynt 2017.)

Modernin 3D-tulostuksen historian alkuna usein pidetään kuitenkin vuotta 1984, jolloin amerikkalainen Chuck Hull jätti patenttihakemuksen stereolitografiaan (SLA), joka mahdollisti kolmiulotteisen esineen luonnin digitaalisesta tiedostosta käyttäen samanlaista tekniikkaa kuin Hideo Kodama. (Goldberg 2018.)

Chuck Hull oli perustamassa 3D Systems Corporation yritystä, joka on tunnetuin ja suurin yritys 3D-tulostusalalla vielä tänä päivänäkin. Vuonna 1987 3D Systems Corporation julkaisi ensimmäisen 3D-tulostimen SLA-1 (Stereolithography (SLA) printer). 3D Systems Corporation yrityksen luoma tiedostoformaatti STL (Stereolithography) on käytössä vieläkin ja on käytetyin tiedostoformaatti 3D-tulostuksessa. (3D Printing Industry 2018, 3D Systems 2018.)

S. Scott Crump patentoi uuden materiaalia lisäävän teknologian tekniikan FDM (Fused Deposition Modelling). Tässä tekniikassa sulatetaan muovi filamenttia, jolla rakennetaan esine kerros kerrokselta. FDM tai FFF (Fused filament fabrication) tekniikka on yleisin tulostustekniikka harrastajakäyttöön tarkoitetuissa 3D-tulostimissa. Scott Crump myöhemmin perustaa Stratasys-yrityksen, joka on yksi suurimpia 3D-tulostusalalla. (Dormehl 2018)

1990- ja 2000 luvun alussa 3D-tulostusala alkoi erottua kahteen eri erikoistumisalueeseen. Huipputasen kalliit 3D-tulostimet kehittyivät kohti luomaan kalliita ja monimutkaisia kappaleita, joita voidaan käyttää esimerkiksi lääketieteessä. Toinen suuntaus kehitykselle oli luoda käyttäjäystävällisiä sekä halpoja laitteita, jotka johtivat nykyisiin yksityiskäyttäjille tarkoitettuihin laitteisiin. (3D Printing Industry 2018, 3D Systems 2018.)

2010-luvulla 3D-tulostimia on kehitetty jatkuvasti mikä on mahdollistanut tulostimien hinnan laskun sekä tarkkuuden parantumisen. Kehitys on myös mahdollistanut muiden materiaalien kuin muovin käytön, kuten erilaiset metallit, joita voidaan käyttää esimerkiksi sormusten tai muiden korujen tulostamiseen. (Goldberg 2018.)

3 3D-TULOSTUSPROSESSI

3.1 3D-tulostuksen vaiheet

3D-tulostus voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Nämä vaiheet ovat mallinnus, tulostus ja viimeistely. Mallinnus tehdään 3D-mallinnus ohjelmalla tai lataamalla valmiin tiedoston internetistä. Mallinnuksessa on tärkeää ottaa huomioon kuinka ison esineen voi tulostimella tulostaa.

Tulostusprosessi sisältää sekä itse tulostimen valmistamisen työtä varten ja mallin valmistamisen tulostusta varten käyttäen jotain CAD-ohjelmaa (Computer-aided design). Suosittuja ohjelmia ovat ilmaiset avoimen lähdekoodin ohjelmat.

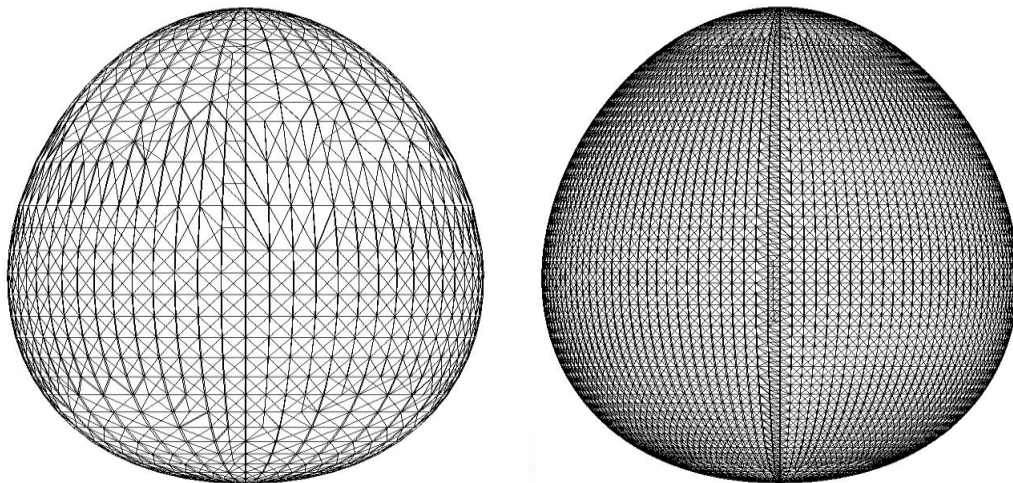
Viimeistelyvaihe sisältää esineen poiston, jossa on oltava varovainen kuumien pintojen tai kemikaalien takia. Mahdollisten ylimääräisten osien, kuten vesi-liukoisten tukiosien poisto mahdollisesti vaaditaan.

Vaihe 1. Mallintaminen

Luo 3D-malli käyttämällä haluamaasi 3D-mallinnusohjelmaa. Vaihtoehtoisesti valmis malli internetistä tietokoneelle. Internetissä on monia sivuja, joissa käyttäjät voivat ladata mallinsa tiedostot muiden ladattaviksi.

Vaihe 2. Tiedostoformaatti

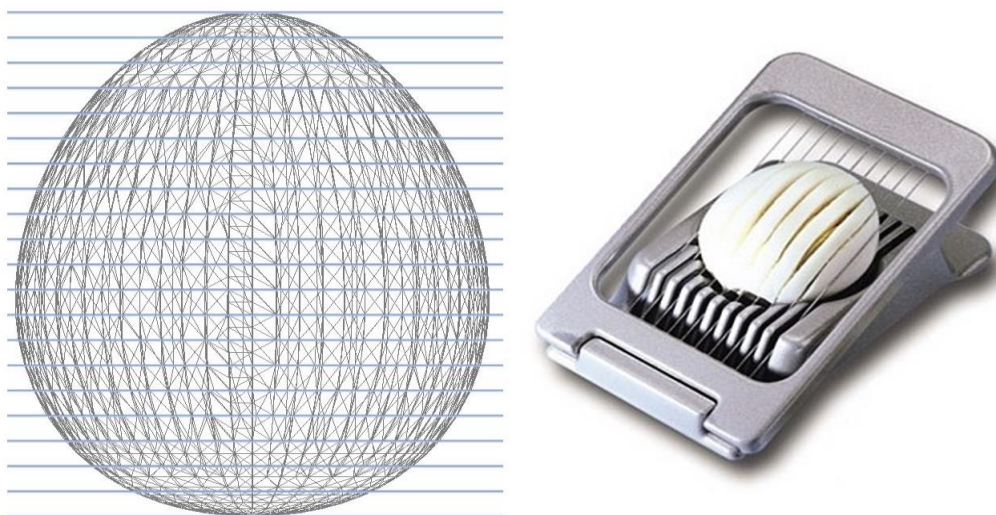
Muuta mallin tiedostotyyppi tulostimelle sopivaksi tiedostoformaatiksi. STL-tiedostotyyppi (standard tessellation language) on yleinen tiedostoformaatti, jota monet 3D-tulostimet tukevat. Tarkka STL-konversio tuottaa enemmän kolmioita kuin epätarkka. Tämän eron voi nähdä mallista (Kuvio 2) sekä tiedostonkoosta, jossa tarkemman mallin tiedostokoko on isompi. (AIPworks 2018)



Kuvio 2. Epätarkka ja tarkka STL-malli (AIPworks 2018).

Vaihe 3. Tietokoneella

Tiedosto, joka sisältää 3D-mallin siirretään SD-kortille tai tietokoneelle, joka on yhdistetty 3D-tulostimeen. Tulostusohjelma viipaloi mallin kerroksiksi (Kuvio 3). Näiden kerrosten paksuus vaihtelee tulostimien ja asetusten välillä. Mitä ohuempi kerros sitä parempi resoluutio, mutta se pidentää tulostusaikaa. (AIPworks 2018.)



Kuvio 3. Esimerkki miten tulostusohjelma viipaloi mallin tulostusta varten (AIPworks 2018).

Vaihe 4. Laitteen valmistaminen

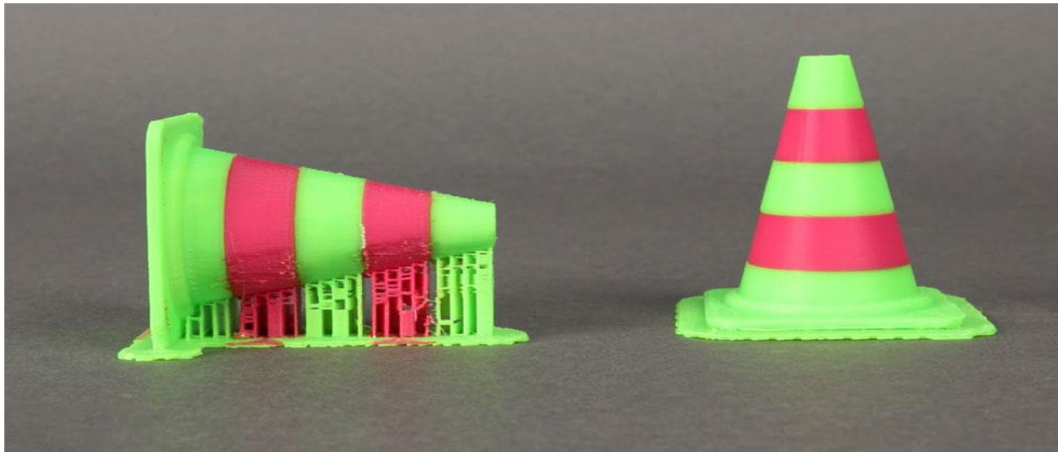
Laitteen valmistaminen tulostusta varten. Jokaisella tulostimella ja työllä on omat vaatimuksensa, jossain riittää vain, että lisää materiaalin, kun taas jossain voi olla, että pitää lisätä mahdolliset lisämateriaalit, kuten veteen liukenevat materiaalit, jota voidaan käyttää tukien luontiin. (Crawford 2018.)

Vaihe 5. Tulostus

3D-tulostin aloittaa tulostuksen alimmaisesta kerroksesta jatkaen tulostamista ylöspäin kerros kerrokselta, kunnes viimeinen kerros on tulostettu ja tulostus on valmis. Kerroksien paksuus vaihtelee tulostimien ja asetusten välillä ja tulostuksen aikaan vaikuttavat esineen koko ja tarkkuus. Työn aika voi olla tunneissa tai jopa päivissä riippuen edellä mainituista seikoista. (AIPworks 2018, Crawford 2018.)

Vaihe 6. Viimeistely

3D-tulostimen valmistettua tulostuksen, on mahdollisesti esine valmis poistettavaksi ja käytettäväksi. Esinettä poistettaessa kannattaa olla varuillaan kuumuuden tai haitallisten kemikaalien takia. Juuri tulostettu kappale voi myös olla vielä herkkä, joten kannattaa olla varovainen. Jotkin tulostukset voivat myös vaatia ylimääräisen materiaalin, kuten tukien poisto (Kuvio 4). (AIPworks 2018, Crawford 2018.)



Kuvio 4. Malli tulostettuna ja tukien poistojen jälkeen (Makerbot 2013).

3.2 3D-tulostuksen resoluutio

3D-tulostuksessa resoluutio vaikuttaa tulostettavan kappaleen laatuun (Kuvio 5). Korkean resoluution työ on tarkempi kuin pienellä resoluutiolla tehty tuloste. Perinteisesti resoluutiosta puhuttaessa voidaan tarkoittaa television, kameroiden, näyttöjen tai normaalien tulostimien resoluutiosta. Perinteiset resoluutiot ovat kaksiulotteisia esim. 1920×1200 , jossa on akseli X sekä Y, kun taas kolmiulotteisessa tulostamisessa on kolmas Z-akseli. (Formlabs 2018.)

Vaakasuuntainen resoluutio tai XY-resoluutio on pienin liike, mikä on mahdollinen tulostimen suuttimelle kerroksen sisällä X- ja Y-akselilla. Mitä pienempi vaakasuuntainen resoluutio on sitä yksityiskohtaisempi tulostuksen tulos. (Grieser 2015.)

Pystysuorassa resoluutiassa on kyse siitä kuinka ohuen kerroksen tulostin voi luoda kerralla. Mitä ohuempi kerros sitä sulavampi tulosteen pinta. Ohuet kerrokset kuitenkin pidentävät tulostusaikaa, koska tulostimen pitää luoda enemmän kerroksia. Useimmilla kuluttaja FDM/FFF tulostimilla kerroksen paksuus on $0.2 - 0.3\text{mm}$. (Grieser 2015.)

Pystysuora resoluutio usein ilmoitetaan laitteen tiedoissa, koska se on helpompi määrittää. Pystysuora resoluutio kuitenkin ei vaikuta tulostuksen laatuun niin paljon kuin vaakasuuntainen resoluutio. (Formlabs 2018.)

Resoluutio ei kuitenkaan kerro kaikkea tulostuksen laadusta. Tulostuksen laatuun vaikuttavat myös monet eri seikat, kuten materiaali, tulostusprosessi, tulostusohjelma, tulostimien asetukset ja tulostimien ominaisuuksien erot. (Formlabs 2018.)



Kuvio 5. Vasemmalla SLA-tuloste ja Oikealla FDM-tuloste kumpikin 0.1mm kerrospaksuudella (Grieser 2015).

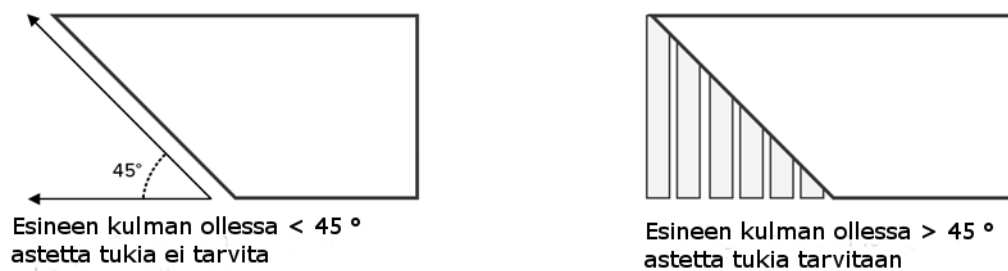
3.3 Huomioitavaa tulostuksessa

3D-mallissa on hyvä ottaa huomioon myös muutama seikka, jotka vaikuttavat sen tulostukseen. Ensimmäisenä on tärkeää tietää tulostimen tulostuskoot, jotta tietää kuinka pienen tai suuren esineen on mahdollista tulostaa. Tulostimien minimikoko on usein suuttimen koko (FDM tulostimet). Esimerkiksi Vaasan ammattikorkeakoulun medialuokassa sijaitseva Prenta B1.25 tulostimessa minimikoko on 0.2mm x 0.2mm x 0.2mm ja maksimissaan 25.0cm x 25.0cm x 25.0cm.

3D-mallin suunnitteluvaiheessa voi ottaa huomioon jo mahdolliset ongelmat tulostuksessa. Kaikkia mahdollisia ongelmia on vaikea huomioida, mutta 3D-

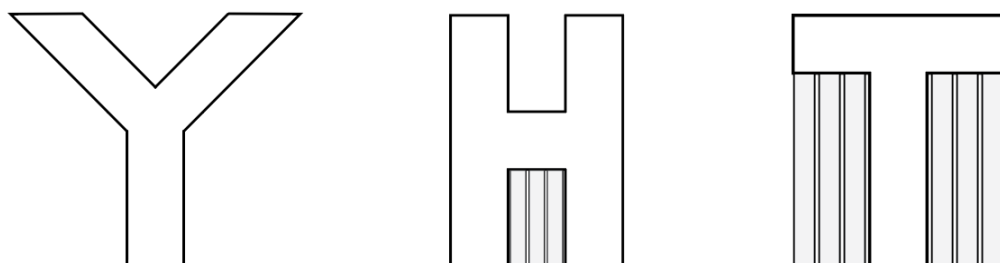
tulostus onkin jonkin verran kokeilua ja epäonnistumisista oppimista. Yksi yleinen ongelma on tukien puuttuminen, mikä johtaa kappaleen romahtamiseen tai materiaalin notkumiseen.

FDM-tulostimissa on mahdollista tulostaa tiettyyn pisteeseen asti ilman tukia (Kuvio 6). Tämä on mahdollista, koska tulostus tapahtuu kerros kerrokselta, jossa jokainen kerros voi olla vähän sivulle edellisestä ja saa tarpeeksi tukea edellisistä kerroksista. Tällä tavalla FDM-tulostimilla kappale ei tarvitse tukia 45 asteen kulmaan asti. (Cain 2018.)



Kuvio 6. FDM-tulostimissa yli 45 asteen kulma tarvitsee tukea (Cain 2018).

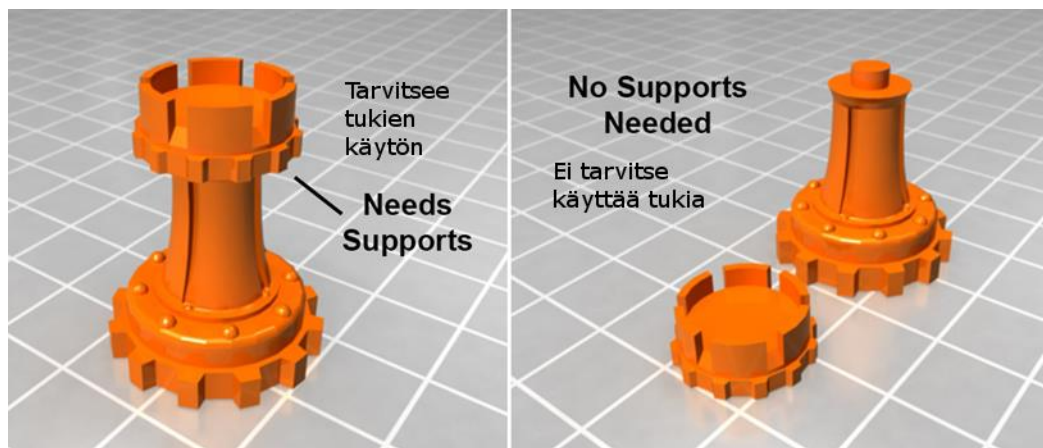
3D-mallissa on tärkeää havaita heikkouksia ja miettiä tarvitaanko tukea esineelle. Alla olevassa kuvassa (Kuvio 7) on kolme kirjainta Y, H ja T. Y kirjain pitäisi onnistua ilman tukia, kunhan yläosa pysyy 45 asteen kulman sisällä. H kirjaimessa keskipalkki tarvitsee tukea, jos se on yli 5mm. T kirjain vaatii tukea, koska sen yläosassa ei ole mitään mihin tulostaa seuraavaa kerros ilman tukia. (Cain 2018.)



Kuvio 7. Y, H ja T kirjaimet ja tukiosat väritetty harmaalla (Cain 2018).

FDM-tulostuksessa tukia käytettäessä on kuitenkin haittapuolensa. Tulostuksen valmistuttua vaatii se tukien poiston, joka voi jättää jälkiä esineen pintoihin. Tukien poisto pienistä osista ilman esineen vahingoittamista voi olla hyvinkin vaativaa sekä tuet ovat poiston jälkeen hukkamateriaalia. (Cain 2018.)

Tukien käytön haittapuolien takia voi miettiä eri tapoja mallintaa kappale, jotta se ei vaatisi tukia. 3D-mallin, joka normaalisti tarvitsisi tukea yläosalle voisi suunnitella kahdeksi eri osaksi, jotka tulostuksen jälkeen voitaisiin yhdistää (Kuvio 8). Yksi yksinkertainen tapa välttää tukia on myös kääntää kappale siten, että mahdollisimman suuri osa kappaleesta lepää tasolla. 3D-mallia ei tarvitse tulostaa sillä tavalla kuin se tulisi käyttöön. Esimerkiksi T kirjaimen tulostaminen onnistuu ilman tukia, jos sen tulostaa lepäämässä eikä pystyssä kuten aikaisemmassa esimerkissä.



Kuvio 8. Shakkinappulan tulostaminen ilman tukia jakamalla sen kahteen osaan (Brown 2018).

Taulukko 1. Tukien käyttö eri tulostinteknologioissa.

Tulostinteknologia	Tuet
FDM	Riippuen mallin geometriasta.
SLA & DLP	Aina tarvitsee tuet
Material Jetting (Stratasys PolyJet and 3D Systems MultiJet Modeling)	Aina, mutta tuet liukenevia.
SLS	Ei tarvitse tukia
Binder Jetting	Ei tarvitse tukia
Metal Printing	Aina tarvitsee tuet

(Cain 2018)

3D-teknologioissa on eroa tukien käytössä, jotkin teknologiat vaativat tukia aina, kuten material jetting-tulostimet, kun taas toisissa tukien käyttö on vaihtoehtoista kuten FDM-teknologian tulostimissa.

4 3D-TULOSTINMENETELMÄT

Kaikkia 3D-tulostimia yhdistää materiaalia lisäävä rakennustapa, tietokoneen ja ohjelmiston käyttö, tästä huolimatta kaikki 3D-tulostimet eivät kuitenkaan toimi samalla tavalla. 3D-tulostinalalla on monta erilaista prosessia ja teknologiaa, jotka eroavat toisistaan. Jotkin teknologiat kuten FDM/FFF ja SLA on yleisimpiä ja hallitsevat kuluttajatulostimia. Toiset teknologiat taas harvemmin löytyvät kuluttajille suunnitelluista tulostimista, mutta niitä voi löytää enemmän teollisista tulostimista tai sitten tulostimista, jotka ovat erikoistuneet tiettyjen esineiden tulostamiseen.

Vuonna 2015 luodun ISO/ASTM 52900 standardin tarkoituksena on standardisoida kaikki terminologia sekä luokitella kaikki eri tyyppiset 3D-tulostimet. Materiaalia lisäävien valmistusmenetelmien prosessiluokkia on yhteensä seitsemän ja niihin perustuvat kymmenen erilaista 3D-tulostinteknologiaa. (Ysusf 2018)

4.1 Tulostinprosessit

Materiaalin pursotus (Material Extrusion)

Materiaalipuristus on 3D-tulostusprosessi, jossa kiinteän termoplastisen materiaalin filamentti työnnetään kuumennetun suuttimen läpi sulattaen filamentin. Tulostin pursottaa materiaalin rakennusaluistaan ennalta määrätyllä polulla, jossa materiaali jäähtyy kiinteäksi esineeksi. (Ysusf 2018.)

Tulostusteknologiat ovat Fused Deposition Modelling (FDM)/Fused Filament Fabrication (FFF). Materiaalina toimivat termoplastiset filamentit (PLA, ABS, PEI, TPU). (Ysusf 2018.)

Nesteen Polymerointi (Vat Polymerisation)

Nesteen polymerointi on 3D-tulostusprosessi, jossa fotopolymeeri nestealtaassa altistetaan valolle, joka kovettaa materiaalin. Tulostusteknologiat ovat Stereolithography (SLA) ja Direct Light Processing (DLP). Materiaalina toimii fotopolymeeri hartsi. (Ysusf 2018.)

Jauhepetimenetelmä (Powder Bed Fusion)

Jauhepetimenetelmä on 3D-tulostusprosessi, jossa lämpöenerginen lähde synnyttää fuusioita jauhepartikkeleissa rakennusalueella luoden kiinteän esineen. Tulostusteknologia on Selective Laser Sintering (SLS). Materiaaleja ovat termoplastiset jauheet (Nylon 6, Nylon 11, Nylon 12). (Ysusf 2018.)

Materiaaliruiskutus (Material Jetting)

Materiaaliruiskutus on 3D-tulostusprosessi, jossa materiaalin pisarat kerrostetaan ja kovetetaan rakennuslevyllä. Käyttämällä fotopolymeerejä tai vahapisaroita, jotka kovettuvat altistuessaan valolle, esineet rakennetaan yhteen kerros kerrokselta. Prosessin luonne mahdollistaa eri materiaalien käyttämisen samaan esineeseen. (Ysusf 2018.)

Tulostusteknologiat ovat Material Jetting (MJ) ja Drop on Demand (DOD), materiaalina ovat Fotopolymeerihartsit. (Ysusf 2018.)

Sideaineruiskutus (Binder Jetting)

Sideaineruiskutus on 3D-tulostusprosessi, jossa nestemäinen sideaine sitoo jauhepohjan alueita. Kun kerros on tulostettu, jauhepohja lasketaan ja uusi jauhekerros levitetään aikaisemmin tulostetun kerroksen päälle. Toimenpide toistetaan, kunnes koko esine muodostuu. Esine jätetään jauheeseen kovettumaan ja vahvistumaan. Tämän jälkeen esine poistetaan jauhepinnasta ja kaikki ylimääräinen jauhe poistetaan paineilmalla. Tulostusteknologiana on Binder Jetting (BJ) ja materiaalina on hiekka tai metallijauhe. (Ysusf 2018.)

Metallijauhepetimenetelmät (Metal Powder Bed Fusion)

Metallijauhepetimenetelmä on 3D-tulostusprosessi, joka tuottaa kiinteitä esineitä käyttämällä lämpökohdetta synnyttämään fuusioita metallijauhehiukkasissa kerros kerrokselta. (Ysusf 2018.)

Tulostusteknologiat ovat Direct Metal Laser Sintering (DMLS), Selective Laser Melting (SLM), Electron Beam Melting (EBM). Materiaalina toimivat Metallijauhe, aluminium, ruostumaton teräs ja titaani. (Ysuf 2018.)

Directed Energy Deposition (DED)

DED-prosessissa metallilanka tai metallijauhe yhdistetään energialähteeseen materiaalin sijoittamiseksi suoraan rakennusalueeseen tai olemassa olevaan esineeseen. DED-prosessia käytetään usein olemassa olevien osien korjaamiseen ja ylläpitoon. (3DEO 2018.)

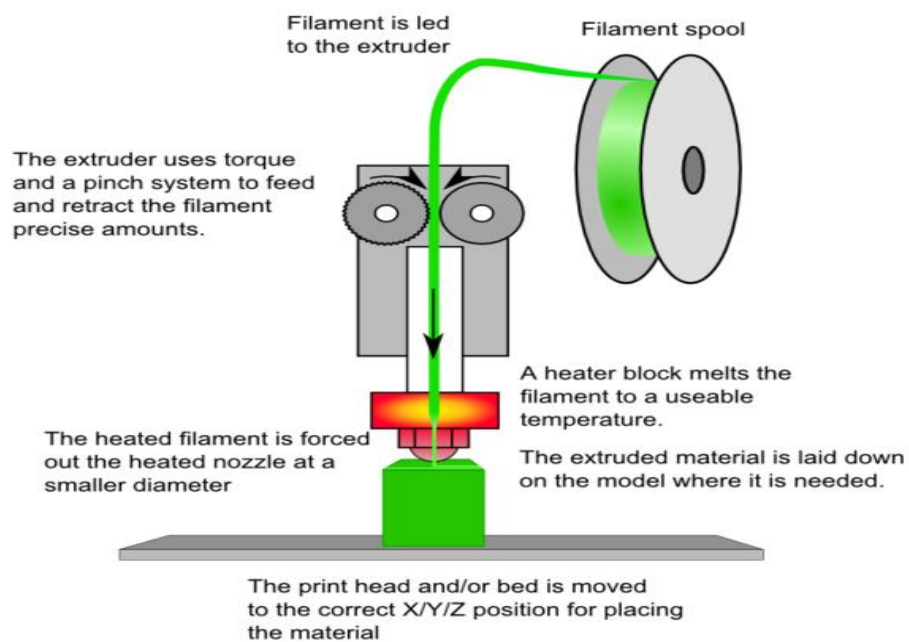
4.2 Tulostin teknologiat

Erilaisia tulostinteknologioita on kymmenen erilaista, jotka perustuvat seitsemään erilaiseen tulostusprosessiin. Jotkin tulostinteknologiat ovat yleisempiä kuluttajille suunnatuissa tulostimissa (FFF ja SLA), kun taas jotkut ovat enemmän teollisuudessa käytössä ainakin tällä hetkellä niiden kalleuden takia.

Fused Filament Fabrication/Fused Deposition Modelling

Fused filament Fabrication teknologia perustuu materiaalin pursotukseen. Materiaalin pursotuslaitteet ovat yleisimmät saatavilla olevat ja halvimmat 3D-tulostimet. Teknologialla on kaksi eri nimeä lyhennettynä FFF ja FDM. Kahden eri nimen käyttö teknologialle johtuu FDM-termin olevan Stratasys-yhtiön tavaramerkki, kun taas FFF-termi on laillisesti vapaasti käytössä. (Ysuf 2018, 3Dprintingfromscratch 2015.)

Filamenttikela ladataan 3D-tulostimeen ja syötetään suuttimen läpi pursottimen päässä (Kuvio 9). Tulostimen suutin lämmitetään haluttuun lämpötilaan, jolloin moottori voi alkaa työntämään filamenttia suuttimen läpi sulattaen sen. Tulostin siirtää puristimen pään pitkin koordinaatteja asettaen sulaa materiaalia, rakennuslevylle, jossa se jäähtyy ja kiinteytyy. Kun kerros on valmis, tulostin jatkaa toisen kerroksen tulostamista edellisen kerroksen päälle. Tämä tulostamisprosessi toistuu, kunnes esine on täysin muodostunut. (Ysuf 2018.)

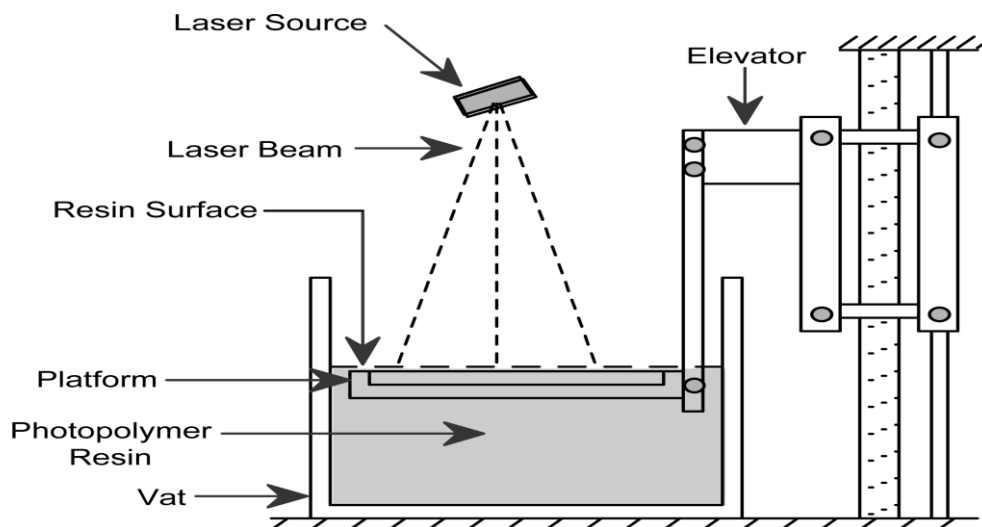


Kuvio 9. FFF/FDM tekniikan toiminta (RepRap 2012).

Stereolitografia (SLA)

Stereolitografia on vanhin 3D-tulostusteknologia, mutta tästä huolimatta on vieläkin käytössä. SLA-teknologia on suosittu yrityksille suunnatuissa tulostimissa, mutta on myös mahdollista hankkia kuluttajille suunnattu SLA-tulostin. SLA-teknologia kuuluu nesteen polymerointiprosessi luokkaan. (Ysuf 2018, 3Dprintingfromscratch 2015.)

SLA-tulostimissa käytetään peilejä (Kuvio 10), joista toinen sijaitsee X-akselilla ja toinen Y-akselilla. Nämä peilit tähtäävät lasersäteen läpi altaallisen hartsia koostettaen materiaalin ja rakentaen sitten kerros kerrokselta. (Ysuf 2018.)



Kuvio 10. SLA-tekniikkaan perustuva tulostin (MKS Technologies 2017).

Selective Laser Sintering (SLS)

Selective Laser Sintering toimii saman tyylistä kuin SLA, mutta suurin ero niiden välillä on jauhe materiaalin käyttö vastaan nesteisen materiaalin käyttö. SLS-tekniikka kuuluu jauhepetimenetelmäprosessiluokkaan. (3Dprintingfromscratch 2015.)

SLS-tekniikassa kupillinen polymeerijauhetta lämmitetään lämpötilaan, joka on juuri polymeerin sulamispisteen alapuolella. Tämän jälkeen pyyhin pudottaa ohuen kerroksen jauhemateriaalia rakennusalustaan. (Ysuf 2018.)

Lasersäde alkaa skannata pintaa ja laser alkaa kovettaa jauhetta sekä kiinteyttää esineen poikkileikkauksen. Lasersädetä ohjaa pari peiliä samalla tavalla kuin SLA-tekniikassa. Lasersäteen skannattua poikkileikkauksen, rakennusalusta liikkuu yhden kerroksen verran alaspäin ja edellinen prosessi alkaa uudelleen ja prosessi toistetaan, kunnes esine on valmis. (Ysuf 2018.)

Material Jetting (MJ)

Material jetting toimii samalla tavalla kuin normaali mustetulostin. Tärkein ero on se, että yksittäisen mustekerroksen sijaan kerrokset rakennetaan toisten päälle luodakseen kiinteän esineen. (Ysuf 2018.)

Tulostuspää suihkuttaa satoja pieniä fotopolymeeripisaroita ja sitten kovettaa niitä UV-valolla. Kun yksi kerros on luotu ja kovetettu, rakennusalausta laskeutuu alapäin yhden kerroksen verran ja prosessi toistetaan, kunnes esine on valmis. (Ysuf 2018.)

MJ-tulostimet pystyvät tekemään useita esineitä yhdellä rivillä ilman, että se vaikuttaisi tulostusnopeuteen. Tämä mahdollistaa MJ-tulostimet tuottamaan osia nopeammin kuin mikään muu 3D-tulostinteknologia. (Ysuf 2018.)

Direct Metal Laser Sintering (DMLS) / Selective Laser Melting (SLM)

Kumpikin teknologia tuottaa esineitä samalla tavoin kuin SLS. Tärkein ero on se, että tällaista 3D-tulostustekniikkaa sovelletaan metalliosien tuottamiseen. Toisin kuin SLS-tekniikassa DMLS ei sulata jauhetta vaan lämmittää sen tiettyyn asteen, jotta se voi sulaa yhteen molekyyalitasolla. SLM-tekniikassa taas käytetään laseria metallisen jauheen täydellisen sulamisen aikaansaamiseksi, joka muodostaa homogeenisen osan. DMLS ja SLM ero on siis, että DMLS tuottaa osia metalliseoksista, kun taas SLM muodostaa yksittäisiä esineitä materiaalista. (Ysuf 2018.)

5 3D-TULOSTUS MATERIAALIT

3D-tulostuksessa on saatavilla monia materiaaleja, joilla on erilaiset ominaisuudet. Tulostaessa kappaleita on tärkeää tietää mitä materiaalia pitäisi käyttää, jotta saa halutun lopputuloksen. Tulostaessa esimerkiksi ruoka-astiaa pitäisi käyttää food-safe materiaalia, joka on elintarvike turvallinen, kuten PETG. (Ubel 2017.)

Muovi on yleisin materiaali 3D-tulostukseen. Muovisia materiaaleja kuitenkin on monia erilaisia, joilla kaikilla omat ominaisuudet. Muovisten materiaalien lisäksi löytyy myös erilaisia nestehartseja, joita käytetään useimmiten SLA-tulostimissa. Kaikki materiaalit eivät ole saatavilla kuluttajille, kuten ruoka tai biomateriaalit eivät ole saatavilla ostaa. (Ubel 2017.)

5.1 Muovit

Useimmat kulutustavarat valmistetaan kestopuovista ja tämä on sama 3D-tulostuksessa. Suurinta osaa muovisista 3D-tulostusmateriaaleista voidaan käyttää kotona sekä ammattikäytössä. Ammattilaiset käyttävät usein SLS-teknologiaa, kun taas harrastajat FFF-teknologiaa. (Ubel 2017.)

ABS

Kaikki, jotka ovat joskus omistaneet Lego palikoita, tuntevat ABS muovin. ABS on yksi suosituimmista materiaaleista 3D-tulostimissa. ABS on edullinen, vahva ja kevyt materiaali. Saatavilla on myös laaja väri valikoima. (Ubel 2017.)

ABS-filamentti sulaa 220-250 celsiusasteen lämmössä ja suositellaan käyttämään lämmitettävää tulostustasoa jäähtymisen hallitsemiseksi. ABS-filamentti heikenee kosteissa ympäristöissä, joka on hyvä ottaa huomioon säilytyksessä. (von Ubel 2017.)

ABS-filamentti vapauttaa höyryä sulamispisteessään, joten jos höyryjen myrkyllisyys huolestuttaa, on olemassa vaihtoehtoja, kuten PLA-muovi. (Ubel 2017.)

PLA

Toinen hyvin suosittu materiaali 3D-tulostamisessa on PLA. PLA on maissitärkelysjohdannainen, mikä tekee siitä biohajoavan. PLA-materiaalia käytetään FDM, SLA ja SLS teknologioissa. (Ubel 2017.)

PLA materiaalia itsessään voidaan pitää elintarviketurvallisena, mutta muut tulostuksen ominaisuudet voivat vaikuttaa, kuten tulostimen suuttimen metallin pitäisi olla ruostumatonta terästä sekä itse materiaalin väriin käytetyt aineet voivat vaikuttaa sen elintarviketurvallisuuteen. (Ubel 2017, Freeman 2017.)

PLA on helppo materiaali 3D-tulostukseen. PLA ei päästä samanlaisia höyryjä, kuten ABS. PLA on kuitenkin heikompi ja alttiimpi lämmölle kuin ABS-filamentti. Kuten ABS-filamentti PLA heikkenee kosteassa ympäristössä. (Ubel 2017.)

PLA-filamenttien värivalikoima on laaja sekä on olemassa tyyppejä, joissa on lisäkuituja, jolloin filamentin ulkonäkö on puun tai metallin näköinen. (Ubel 2017.)

PET / PETG

PET materiaali on sama kuin materiaali, josta vesipullot on tehty. PET on yhtä vahva ja joustava kuin ABS, mutta PET ei vapauta höyryjä sulaessa. PETG on samanlainen kuin PET, mutta siihen on sekoitettu glykolia, joka antaa materiaalille hyviä ominaisuuksia 3D-tulostamiseen. PET ja PETG ovat suosittuja materiaaleja erityisesti niiden elintarviketurvallisuuden takia. (Ubel 2017.)

Nylon

Nylon on joustavuuden ja voimakkuutensa ansiosta ensisijainen valinta monenlaiselle tulostukselle tekniikan ja taiteen väliltä. Nylon-tulosteissa on karkea pinta, mutta se voidaan hioa sileäksi. (Ubel 2017.)

Nylon-kerroksen liimaus on vahvempi kuin millään muulla FMD-filamentilla, joka tekee nylonfilamentista suositun töissä, jotka vaativat lujuutta. Nylon-filamentti heikkenee kosteissa ympäristöissä, kuten muutkin filamentit. (Ubel 2017.)

5.2 Fotopolymeerit

Fotopolymeerit ovat erilaisia nestemäisiä hartseja, jotka kiinteytyvät muovikappaleisiin altistuessaan UV valolle. SLA ja PolyJet tekniikat käyttävät näitä materiaaleina.

SLA hartsit

SLA hartsit ovat hyvin monipuolisia, koska monet SLA hartsit on suunniteltu simuloimaan toisten materiaalien ominaisuuksia. On mahdollista löytää SLA-materiaaleja, jotka ovat verrattavissa vahaan, PLA- ja ABS-muoviin tai keramiikkaan. (Ubel 2017.)

SLA materiaaleja käyttävät 3D-tulostimet ovat kaupallisesti saatavilla sekä kotikäyttöön tai pienyrityksiin ja tarjoavat valikoiman puoliammattilaisia 3D-tulostusmateriaaleja. (Ubel 2017.)

PolyJet hartsit

PolyJet hartsit ovat samantyyppisiä kuin SLA-hartsit siten, että kumpikin simuloi toisten materiaalien ominaisuuksia. Suurin ero PolyJet ja SLA-hartseissa on Stratasys yrityksen käyttämä termi ”Digital Materials”, joka tarkoittaa kolmen materiaalin yhdistämisen yhdeksi uudeksi materiaaliksi, joka omaa optimaalisen sekoi-
tuksen materiaalien ominaisuuksista. (Ubel 2017.)

5.3 Metallit

Metallien 3D-tulostus on tullut suosituksi ilmailu-, auto- ja lääketieteellisyydessä. Tämä johtuu kyvystä luoda monimutkaisia kappaleita, jotka eivät tarvitse lisätyötä. Metallien käyttö on kuitenkin paljon vaativampaa ja kalliimpaa kuin muovien käyttö, joten niiden käyttö rajoittuu usein teollisuusaloille. (Ubel 2017.)

Metalleja, joita käytetään 3D-tulostuksessa, ovat muun muassa aluminium, kupari, pronssi, kulta, hopea ja platina. (Ubel 2017.)

5.4 Keramiikka

Keramiikka on yleisesti ollut erilaisten pienyritysten, erityisesti netissä olevien 3D-tulostuspalvelujen valikoimassa, mutta kehitys on alkanut tuoda keramiikan käytön 3D-tulostusmateriaalina myös kotitalouksiin. Materiaali koostuu hienojakoisista partikkeleista, mineraaleista ja vedestä. (Ubel 2017.)

6 3D-TULOSTIMET

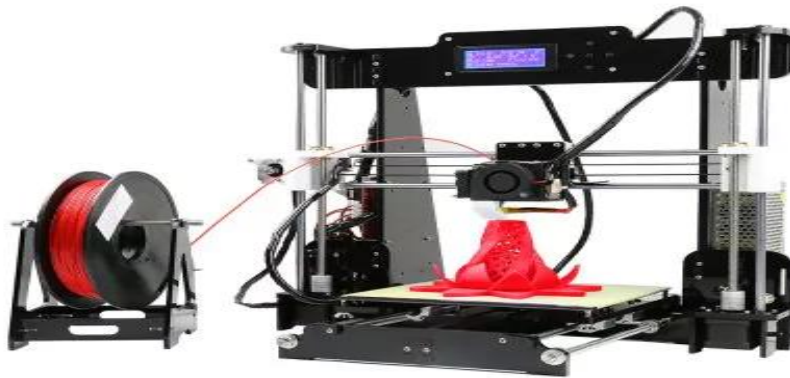
3D-tulostin markkinoilla on tällä hetkellä laaja valikoima laitteita. Markkinoille tulee jatkuvasti uusia laitteita eri valmistajilta ja tulostimissa esiintyy suuria hintaluokkaeroja. Tulostimissa voi olla paljon eroa ja on tärkeää tulostinta hankkiessa yrittää ottaa selville mahdollisimman paljon tulostimista, koska kaikkea ei näe tulostimen tiedoista. Jotkut tulostimet voivat tulostaa isompia kappaleita kuin taas toisten laatu on parempaa.

Tarkoituksena on esitellä kotikäyttöön tai pienyrityksiin sopivia eri hintaista ja mallisia tulostimia tarkastellen pääkohdat jokaisesta tulostimesta.

1. Anet A8 3D

Anet A8 on FDM 3D-tulostin (Kuvio 11), jota voidaan pitää yhtenä suosituimpina 3D-tulostimena. Tulostin julkaistiin helmikuussa 2016, mutta vielä helmikuussa 2018 haki googlesta 74 000 ihmistä hakusanaa Anet A8. (Locker 2018.)

Anet A8 suosiota voidaan selittää sen hinnalla. Anet A8 tulostimen hinta on alle 200 euroa. Tulostin voi myös tulostaa ABS- ja PLA-filamenttia sekä tulostusten maksimikoko on 220 x 220 x 240mm. Tulostimella on kuitenkin haittapuolensa. Anet A8 ei ole kaikista aloittelijaystävällinen tulostin. Se pitää itse koota sekä kalibroida, mutta tulostimen suosion takia voi löytyä apua netistä. (Locker 2018, Koslow 2018.)



Kuvio 11. Anet A8 3D-tulostin (Locker 2018).

2. Flashforge Finder

Flashforge FINDERia (Kuvio 12), joka julkaistiin 2015 mainostettiin helppokäyttöisenä tulostimena. Tulostimen asennus ja käyttöönotto on helppoa, koska tulostin itsessään ei vaadi kokoamista. (Houser 2016.)

Flashforge Finder on FFF-menetelmään perustuva tulostin, joka tulostaa PLA-filamentilla. Tulostin on varustettu Wi-Fi yhteydellä ja 3,5 tuuman näytöllä sekä tulostusten maksimikoko on 140 x 140 x 140 mm. Tulostin on myös hyvin hiljainen, joten se ei häiritse paljon huoneessa. (Houser 2016.)

Flashforge Finder tulostimen hinta on noin 500 euroa ja on aika suosittu Suomessa, jossa monet kaupat myyvät sitä. Tulostin on yksi myydyimmistä kaupoissa sekä on saanut pääsääntöisesti positiivisia arvosteluja.



Kuvio 12. Fujitech Flashforge Finder 3D-tulostin (Verkkokauppa.com 2018).

3. *Prusa i3 MK2s*

Prusa i3 MK2s (Kuvio 13) on Prusa Research-yrityksen FMD 3D-tulostin, joka on alkuperäiseen Prusa i3-tulostimeen perustuva tulostin. Prusa i3 MK2s tulostimella tulostettavien kappaleiden maksimikoko on 250×210mm×200mm. (3D Hubs 2018.)

Prusa i3 MK2s pystyy tulostamaan käyttäen monia materiaaleja, kuten ABS, PLA, PETG ja Nylon. Tulostin tulee kahdessa eri versiossa, joko itsekoottavassa tai valmiiksi kootussa. Itsekoottava versio kuitenkin ei vaadi niin paljon työtä käyttöönottoa varten, koska tulostin kalibroi itsensä kokoamisen jälkeen. (3D Hubs 2018.)

Prusa i3 MK2s vahvuuksina on tulostusten laatu, luotettavuus, helppokäyttöisyys ja hinta. Heikkouksina voidaan pitää äänenvoimakkuutta, joka on kuitenkin parempi kuin alkuperäismallissa. (3D Hubs 2018.)



Kuvio 13. Prusa i3 MK2s 3D-tulostin. (3D Hubs 2018).

4. *Lulzbot TAZ 6*

Lulzbot TAZ 6 3D-tulostin (Kuvio 14) eroaa selvästi edellä olevista tulostimista pelkästään sen hinnan takia (n.2 100 euroa) vaikkakin Lulzbot TAZ 6 on myös FMD tulostin. Hinnan erolla on kuitenkin syynsä, koska Lulzbot TAZ 6 omaa ominaisuuksia, kuten itsetasaus sekä itsepuhdistusmekanismit. Tulostimella maksimikoko tulostuksille on 280×280×250mm. Lulzbot TAZ 6 tulostaa laadullisesti erinomaisia tulosteita monenlaisista materiaaleista, kuten esimerkiksi PLA, ABS, PETG ja Nylon (3D Hubs 2018.)

Lulzbot TAZ 6 3D-tulostimen vahvuuksina on tulostusten koko, luotettavuus ja laatu, kun taas heikkoutena voidaan pitää tulostuksesta syntyvää melua sekä kallista hintaa. (3D Hubs 2018.)



Kuvio 14. Lulzbot TAZ 6 3D-tulostin (3D Hubs 2018).

5. *Formlabs Form 2*

Form 2 3D-tulostin (Kuvio 15) on SLA-tulostin, joka eroaa edellisistä tulostimista hinnan ja teknologian takia. Form 2 hinta on n. 3000 euroa, mikä paljon eri luokkaa kuin aiemmat FDM-tulostimet. (3D Hubs 2018.)

Form 2 Käyttää materiaalina erilaisia hartseja ja maksimikoko tulosteille on 145 x 145 x 175mm. Form 2 tulostin tulostaa hyvin laadukasta, kestävä ja tarkkaa työtä. Tulostimen ja materiaalien hinta tekee tästä tulostimesta, joko pienyrityksille tai puoli ammattilaisille. (3D Hubs 2018.)

Form 2 vahvuuksina on melkein teollisuustason laatu, tarkkuus sekä käyttäjäystävällisyys. Heikkouksina voidaan pitää tulostuksen kokoa, tulostusten kalleus sekä itse tulostimen kalleus. (3D Hubs 2018.)



Kuvio 15. Formlabs Form 2 SLA-tulostin (3 Hubs 2018).

6. *Sparkmaker*

Sparkmaker SLA 3D-tulostin (Kuvio 16) on mahdollisesti tärkeä kehitys SLA tulostimille. SLA tulostimet ovat usein kalliita ja tämän takia ovat yleisempiä yrityksissä kuin kotitalouksissa, mutta sparkmaker voi muuttaa tämän. (Locker 2018.)

Sparkmaker on uusi SLA tulostin, joka maksaa vain noin 242 euroa. Hinta on pieni, kun ottaa huomioon, että useimmat SLA tulostinhinnat ovat tuhansissa euroissa. Sparkmaker 3D-tulostin mahdollistaa tarkat SLA tulostukset maksimikooltaan 98 x 55 x 125mm, joka on pienehkö, mutta tulostin itsessään on hyvin pieni ja halpa. Sparkmaker ei tarvitse edes tietokonetta tulostuksen onnistuessa pelkästään SD kortilta. (Locker 2018, Sparkmaker 2018.)



Kuvio 16. Sparkmaker SLA 3D-tulostin (Sparkmaker 2018).

Tulostimien yhteenveto

Esitettyjen 3D-tulostimien välillä on monia erilaisuuksia. Tulostimista neljä kuu-
desta oli FDM-teknologiaan perustuvia tulostimia ja kaksi SLA-teknologiaan.

Taulukko 2. 3D-Tulostimien vertailu.

Tulostin	Anet A8	Flashforge finder	Prusa i3	Lulzbot TAZ 6	Form 2	Sparkmaker
Hinta	200€	499€	614€	2120€	2865€	211€
Tekniikka	FDM	FDM	FDM	FDM	SLA	SLA
Materiaalit	ABS, PLA	PLA	ABS, PLA, PETG, Nylon	ABS, PLA, PETG, Nylon	Resin	Resin
Tulostuskoko	220x 220x 240 mm	140 x 140 x 140 mm	250 x 210 x 210 mm	280 x 280 x 250 mm	145 x 145 x 175 mm	98 x 55 x 125 mm

7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua 3D-tulostamiseen ja 3D-tulostimiin. Opinnäytetyössä käsiteltiin 3D-tulostamisen prosessi sekä tarkastelussa olivat erilaiset 3D-tulostinprosessit ja -teknologiat, joista syntyi 3D-tulostimien ominaisuuksien tarkastelu ja vertailu. 3D-tulostusta ja tulostimia tarkastellessa syntyi myös ohje filamentin vaihdolle Prenta-tulostimelle (Liite 1), joka täydensi aikaisempaa ohjeistusta. Ohjetta voidaan hyödyntää jatkossa Prenta-tulostimella tulostaessa Vaasan ammattikorkeakoulun multimedialuokassa.

3D-tulostusalalla on monta vuotta puhuttu 3D-tulostuksen vallankumouksesta ja kuinka se muuttaa teollisuutta ja kotitalouksia. Tämä mullistus on kuitenkin kulkenut hitaammin, kuin usein puheista ymmärtäisi. Teollisuudessa 3D-tulostus tulee yleisemmäksi, kun useammat yritykset alkavat hankkia 3D-tulostimia auttamaan eri prosesseissa, kuten prototyyppien visualisoinnissa tai pienten osien valmistaminen paikan päällä tarvittaessa.

3D-palveluja tarjoavien yritysten määrä on kasvanut, kun yritykset ovat alkaneet hankkia 3D-tulostimia tai kokonaisia yrityksiä on perustettu tarjoamaan 3D-palveluita. On hyvin todennäköistä, että ennen kuin kotitalouksissa tapahtuu 3D-tulostusvallankumous ihmiset alkavat katsoa kohti näitä palveluja.

Kotitalouksissa 3D-tulostimet ovat vieläkin harrastajapohjalla. 3D-tulostimet ovat tulleet näkyvästi esille monessa elektroniikkakaupassa, mutta tästä huolimatta 3D-tulostimien määrä kotitalouksissa ja kiinnostus niihin on kuitenkin pysynyt vielä harrastajaluvuissa.

Kotitalouksissa 3D-tulostimien vallankumousta pitänee odottaa vielä kehityksen edistymistä, joka mahdollistaisi laadukkaimpien 3D-tulostimien hinnan laskun sekä 3D-tulostimien käytön kehittämisen mahdollisimman helppokäyttöiseksi myös varmasti edesauttaisi niiden yleistymistä kotitalouksissa. Helppokäyttöisyys on tärkeää, kun esimerkiksi ajatellaan henkilön valmiutta vaihtaa normaalin mustetulostimen mustekasetin uuteen verrattuna henkilön valmiutta vaihtaa 3D-tulostimien materiaalia (Liite 1).

Tulevaisuudessa kehitys 3D-tulostimissa voisi mahdollistaa 3D-tulostimet yleisiksi laitteiksi yrityksissä sekä kotitalouksissa.

LÄHTEET

3DEO.co 2018. Metal 3D Printing Processes- Directed Energy Deposition (DED). Viitattu 6.5.2018. <https://news.3deo.co/metal-3d-printing-processes-directed-energy-deposition-ded>

3DHubs 2018. 3D Printer Guide 2018. Viitattu 10.5.2018. <https://www.3dhubs.com/best-3d-printer-guide>

3Dprintingfromscratch.com 2015. Types of 3D printers or 3D printing technologies overview. Viitattu 5.5.2018. <http://3dprintingfromscratch.com/common/types-of-3d-printers-or-3d-printing-technologies-overview/>

3D Printing Industry 2018. The Free Beginner's Guide. Viitattu 2.5.2018. <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide>

3D Systems 2018. Our Story. Viitattu 2.5.2018. <https://www.3dsystems.com/our-story>

Additivemanufacturing 2018. What is Additive Manufacturing?. Viitattu 1.5.2018. <http://additivemanufacturing.com/basics/>

AIPworks 2018. 3D-tulostuksen toimintaperiaate. Viitattu 3.5.2018. <https://aipworks.fi/3d-tulostus/tietoa/3d-tulostuksen-toimintaperiaate/>

BCT technology AG 2018. Viitattu 3.5.2018. <https://www.bct-technology.com/en/support/tips-tricks/nx-1102-additive-manufacturing.html>

Brown, J. 2018. Viitattu 4.5.2018. <http://creativevilla.com/3d-printing-modeling-best-practices/>

Cain, P. 2018. Supports in 3D Printing: A technology overview. Viitattu 4.5.2018. <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/supports-3d-printing-technology-overview>

Crawford, S. 2018. How 3-D Printing Works. Viitattu 3.5.2018. <https://computer.howstuffworks.com/3-d-printing4.htm>

Dormehl, L. 2018. 14 major milestone along the brief history of 3D printing. Viitattu 2.5.2018. <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-3d-printing-milestones/>

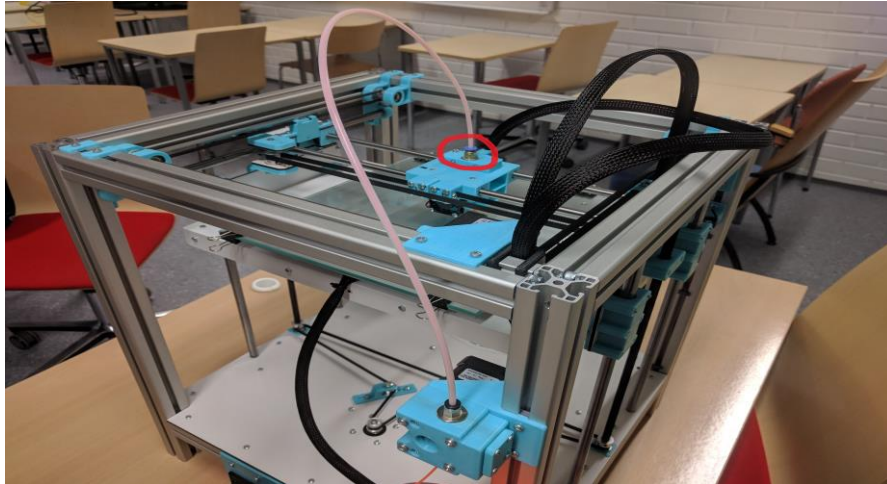
Flynt, J. 2017. a Detailed History of 3D Printing. Viitattu 2.5.2018. <http://3dinsider.com/3d-printing-history/>

Formlabs.com 2018. What does Resolution Mean in 3D Printing?. Viitattu 4.5.2018. <https://formlabs.com/blog/resolution-meaning-3d-printing/>

- Freeman, C. 2017. Is 3D Printed PLA a food safe?. Viitattu 10.5.2018.
<https://reprage.com/post/36869678168/is-3d-printed-pla-food-safe>
- Goldberg, D. 2018. History of 3D Printing: It's Older Than You Are (That Is, If You're Under 30). Viitattu 2.5.2018. <https://www.autodesk.com/redshift/history-of-3d-printing/>
- Grieser, F. 2015. What Resolution Can 3D Printers Print?. Viitattu 4.5.2018.
<https://all3dp.com/3d-printer-resolution/>
- Koslow, T. 2018. Anet A8 3D Review: The Best 3D Printer under \$200?. Viitattu 10.5.2018. <https://all3dp.com/1/anet-a8-3d-printer-review-diy-kit/>
- Locker, A. 2018. Best 3D Printer in Spring 2018 – 16 Award Categories. Viitattu 10.5.2018. <https://all3dp.com/1/best-3d-printer-reviews-top-3d-printers-home-3d-printer-3d/>
- Makerbot.com 2018. Makerbot Makerware 2.3 Release. Viitattu 3.5.2018.
<https://www.makerbot.com/media-center/2013/09/30/makerbot-makerware-2-3-release>
- MKS Technologies 2017. Viitattu 6.5.2018.
<http://www.mkstechgroup.com/stereolithography-sla/>
- RepRap.org 2012. Fused filament fabrication. Viitattu 5.5.2018.
http://reprap.org/wiki/Fused_filament_fabrication
- Sparkmaker 2018. Sparkmaker SLA 3D Printer. Viitattu 10.5.2018.
<https://www.sparkmaker3d.com/>
- Ubel, M. 2017. 3D Printing Materials Guide 2018. Viitattu 10.5.2018.
<https://all3dp.com/1/3d-printing-materials-guide-3d-printer-material/>
- Verkkokauppa.com 2018. Fujitech Flashforge Finder 3D -tulostin. Viitattu 10.5.2018. <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/58074/hvgbx/Fuj-tech-Flashforge-Finder-3D-tulostin>
- Yusuf, B. 2018. 10 Types of 3D Printing Technology – Simply Explained. Viitattu 5.5.2018. <https://all3dp.com/1/types-of-3d-printers-3d-printing-technology/>

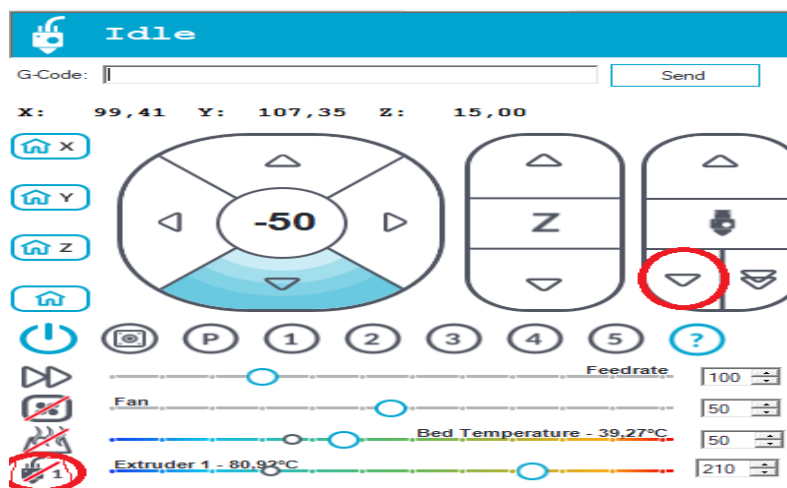
Filamentin vaihto Prenta B1.25 tulostimelle

1. Filamentin katketessa ruuvaa suuttimen päässä oleva putki irti. Laatikosta löytyy työkalu tarvittaessa.



Kuva 1. Filamentti menee putkenläpi moottorista suuttimeen.

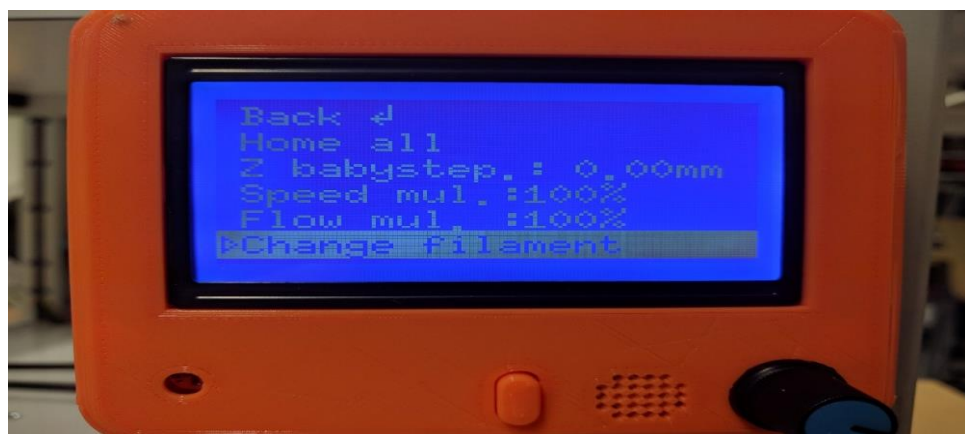
2. Suuttimeen jääneen filamentin poisto tapahtuu lämmittämällä suutin. Tämä onnistuu tietokoneelta repetier hostin kautta. Ota yhteyttä tulostimeen ja manual Control sivun kautta aukeaa kontrollit (katso kuva 2). Suuttimen ollessa kuuma, Yritä vetää filamentti pois suuttimesta päästä mistä ruuvi irrotettiin. (Kuva 1)



Kuva 2 Suuttimen lämmön saa painamalla kuvaketta Exrtuder tekstin vieressä, Suuttimen saa pursottamaan filamenttia painamalla nuoli näppäimiä alas.

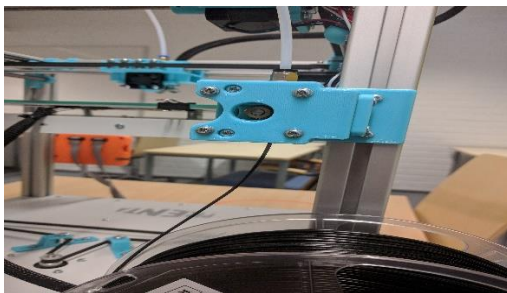
3. Kun filamentti on poistettu suuttimesta, voidaan putken pää ruuvata taikaisin kiinni suuttimen osaan.
4. Seuraavaksi syötetään filamentti uudelleen suuttimelle. Tämä voidaan tehdä kahdella tavalla. Repetier-Hostin manuaalisilla komennoilla painamalla kohdan 2 kuvan nuoli-alas painiketta. Tätä toistetaan, kunnes filamenttia alkaa pursoutua suuttimesta.

Toinen tapa on tulostimet näytön valinnoista filamentin vaihdon valinta. Valikon saa auki painamalla tappia näyttölaitteessa ja valitsemella Quick setting -> Change Filament. Tämän jälkeen tappia pyöritetään, kunnes filamenttia alkaa pursoutumaan suuttimesta.



Huomioitavaa!

Jos filamenttia ei ole enää putkessa ollenkaan pitää filamenttia syöttää moottorille (kuva 3), joka työntää filamenttia eteenpäin tämä onnistuu, kun tekee samoin kuin 4.vaiheessa samalla kuin antaa filamenttia moottorille. Moottorin pitäisi ottaa filamentti putkeen, jolloin moottori tekee loput.



Kuva 3. Filamentti menee läpi moottorin putkeen. Moottori voi joskus tarvita vähän apua saamaan filamentti putkeen. Joten voi työntää vähän samalla kuin moottori pyörii, jotta moottori saa filamentista kiinni.